

**“Membangun Sinergi antar Perguruan Tinggi dan Industri Pertanian dalam Rangka Implementasi Merdeka Belajar Kampus Merdeka”**

---

**Perbaikan Komoditas Sorgum sebagai Pangan dan Bioenergi melalui Pemuliaan Mutasi Radiasi**

**Sihono, Wijaya M. Indriatama, Soeranto Human dan Marina YM**

*Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional, Jl. Lebak Bulus Raya No.49, Box 7002 JKSKL, Jakarta 12070, Indonesia*

**Abstrak**

Sorgum termasuk tanaman multiguna dan memiliki potensi yang baik untuk dikembangkan di Indonesia. Biji sorgum dapat digunakan untuk pangan dan batangnya dapat menghasilkan air nira, sebagai bahan baku minuman segar dan energi (bioetanol). Selain itu, hijauan daun dan batangnya dapat dimanfaatkan sebagai sumber pakan ternak ruminansia. Sorgum bukan tanaman asli Indonesia, maka keragaman genetik yang ada masih sangat terbatas. Upaya untuk perbaikan dan peningkatan keragaman genetik sorgum dapat dilakukan dengan pemuliaan mutasi. Di Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (PAIR), Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN), Iptek nuklir dimanfaatkan dalam pemuliaan mutasi tanaman bertujuan untuk memperbaiki beberapa sifat tanaman. Penelitian pemuliaan tanaman sorgum dengan teknik mutasi induksi memanfaatkan sinar gamma bersumber *Cobalt-60*, untuk memperbaiki sifat-sifat agronomi dan kualitas sorgum sebagai sumber pangan dan energi (bioetanol). Beberapa varietas dan galur mutan sorgum telah diperoleh, yang selanjutnya galur-galur tersebut akan diteliti lebih lanjut sesuai dengan tujuan dan pemanfaatannya.

Kata kunci : sorgum, budidaya, pemuliaan mutasi, agronomi, kualitas

**Pendahuluan**

Indonesia dan beberapa negara akan dihadapkan pada kondisi krisis masalah pangan dan energi. Krisis pangan disebabkan karena bertambahnya jumlah penduduk kira-kira 2.5% setiap tahun dan semakin sempitnya lahan pertanian produktif karena beralih fungsi kegunaannya. Sedangkan krisis energi semakin berkurangnya jumlah cadangan bahan bakar fosil dalam perut bumi, yang tidak dapat diperbarukan. Adanya kedua masalah tersebut maka membuka peluang untuk memanfaatkan sumber pangan dan bioenergi dari tanaman. Segala macam sumber pangan dan bioenergi dari tanaman perlu digali, diteliti dan dikembangkan untuk menjadi sumber pangan dan bioenergi bagi masyarakat dunia terutama, Indonesia.

Sorgum adalah salah satu alternatif, karena biji dapat digunakan untuk bahan pangan, biomassa batang dapat diperas menghasilkan air nira sebagai bahan baku bioetanol (Energi) melalui fermentasi. Selain itu, sorgum juga memiliki daya adaptasi luas, produktivitas tinggi, perlu input relatif lebih sedikit, tahan terhadap hama penyakit tanaman serta toleran terhadap kondisi lahan marjinal (Human. S *et al*, 2003).

Di Indonesia memiliki areal lahan yang sangat luas, baik pada wilayah beriklim basah seperti: Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan Papua maupun wilayah yang beriklim kering (Nusa Tenggara, Sulawesi Tenggara, sebagian Sumatera dan Jawa). Total lahan kering di Indonesia diperkirakan seluas 143.9 juta hektar. Dari luasan tersebut, 31.5 juta hektar berupa lahan kering dengan topografi yang datar berombak (kemiringan lereng  $< 8\%$ ) lahan tersebut layak untuk dibangun dan dikembangkan sebagai perkebunan sorgum (Trikusumanigtyias dan Suwanto, 2006).

Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) merupakan tanaman serelia biji-bijian termasuk famili *Graminaea* atau rerumputan. Di dunia luas sorgum menempati urutan ke empat setelah gandum, jagung dan padi (House L.R.A, 1985). Di Indonesia sorgum telah lama dikenal oleh petani khususnya di Jawa, NTB dan NTT, biasa ditanam oleh petani sebagai tanaman sela atau tumpang sari dengan tanaman pangan lainnya. Bijinya digunakan sebagai pangan alternatif dan hijauan daun serta batang dimanfaatkan sebagai pakan ternak ruminansia.

Di Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional (PAIR-BATAN), aplikasi Iptek nuklir banyak dilakukan, salah satu diantaranya adalah untuk kegiatan di bidang pertanian, yaitu untuk pemuliaan mutasi tanaman. Penelitian pemuliaan tanaman menggunakan teknik mutasi radiasi telah menghasilkan dan melepas beberapa komoditas diantaranya adalah kedelai (varietas Muria, Tengger, Meratus, Rajabasa, Mitrani, Mutiara 1, Gamasugen 1 dan 2, Mutiara 2 dan 3, Kemuning 1 dan 2), kacang hijau (varietas Camar dan Muri), kapas (varietas Kharisma) sorgum (varietas Pahat, Samurai 1 dan 2), gandum tropis (varietas Ganesha), kacang tanah (varietas Katantan). Untuk padi mulai dari tahun 1982 telah dihasilkan 24 varietas yaitu dari Atomita-1 sampai dengan 2020, telah dihasilkan varietas baru yaitu Lampai Sirandah (BATAN, 2021).

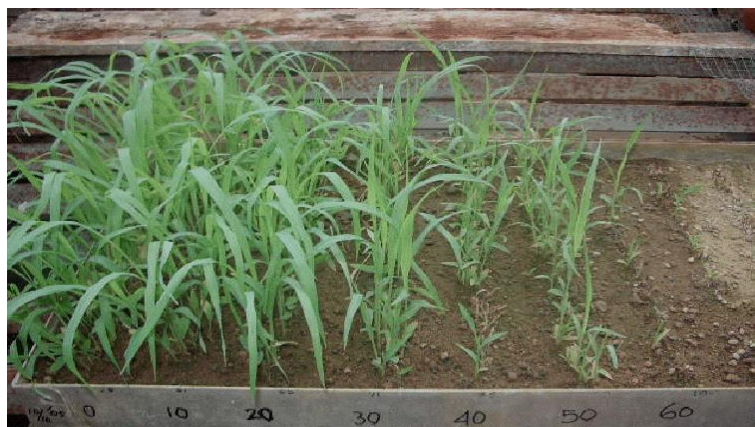
Atas dasar itu, kegiatan perbaikan komoditas sorgum dilakukan diharapkan diperoleh galur mutan yang memiliki sifat produksi biji maupun batang dan nira air tinggi. Dan galur galur tersebut dapat diusulkan serta dilepas menjadi varietas unggul berguna dapat mendukung ketahanan pangan dan energi di Indonesia.

Tujuan penulisan ini adalah untuk menginformasikan kepada masyarakat, ilmuwan dan pengusaha tentang aplikasi Iptek nuklir di bidang pemuliaan mutasi tanaman, khususnya perbaikan kualitas sorgum menggunakan radiasi sinar gamma.

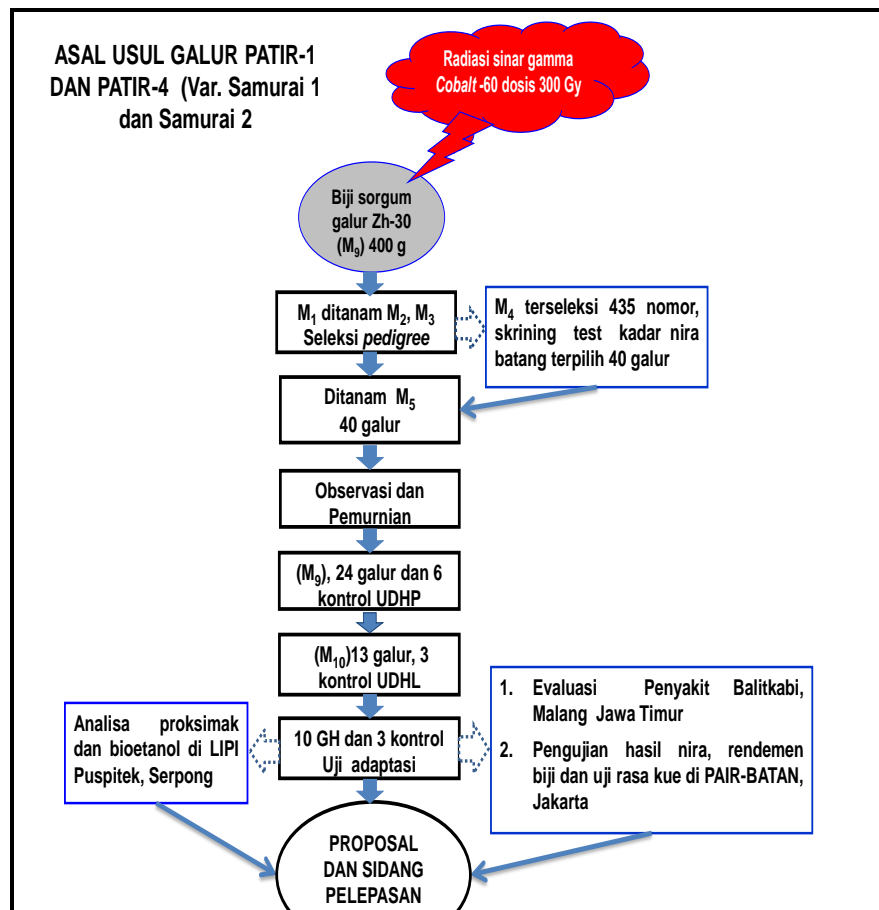
## Bahan dan Metode

Bahan dan metode yang digunakan adalah benih sorgum yang memiliki kadar air 12% dilakukan penyinaran menggunakan radiasi sinar gamma pada sumber Gamma Chamber *Cobalt-60* yang berada di PAIR-BATAN dan metode tahapan sebagai berikut:

- Tahap 1: Dilakukan orientasi dosis (LD50) yaitu dosis yang digunakan kisaran antara 0-100 KRad atau (0, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 dan 1000 Gy.
- Tahan 2: Benih ditanam pada bak dan dilakukan pengamatan setelah tanaman berumur 1, 2 dan 3 minggu setelah tanam disajikan pada gambar 1.
- Tahap 3: Setelah diketahui LD50, dilakukan radiasi benih berdasarkan dosis tersebut, untuk sorgum LD50 yaitu berkisar antara 250-400 Gy.
- Tahap 4: Kegiatan penelitian komoditas sorgum di PAIR-BATAN yaitu benih sorgum sebanyak 400 gr diradiasi menggunakan sinar radiasi gamma dengan dosis 300 Gy.
- Tahap 5: Benih hasil radiasi disebut  $M_1$  dan ditanam serta dipanen semua (*bulk*), hasil panen disebut generasi  $M_2$ .
- Tahap 6: Metode seleksi menggunakan *pedigree* dilakukan pada generasi  $M_2$  yaitu memanen secara individual sesuai dengan tujuan pemuliaan tanaman (produksi tinggi, genjah dan batang besar dll) dibandingkan dengan tanaman induknya, skema pemuliaan tanaman sorgum sampai menjadi varietas unggul disajikan pada gambar 2.



**Gambar 1.** Penampilan sorgum efek radiasi gamma generasi  $M_1$



**Gambar 2.** Skema alur pemuliaan mutasi sorgum BATAN

## Hasil dan Pembahasan

### A. Sorgum Pangan

Sorgum termasuk tanaman serelia penghasil karbohidrat seperti padi, jagung dan gandum. Kandungan nutrisi biji sorgum menurut Direktorat Gizi, DEPKES RI (1992) bahwa sorgum memiliki kandungan nutrisi yang baik, bahkan kandungan protein dan unsur-unsur nutrisi penting lebih baik dibandingkan dengan unsur pangan lainnya, terlihat dalam Tabel 1. Pentingnya nutrisi bagi tubuh manusia, upaya yang dapat dilakukan adalah memperbaiki kualitas dan produktivitas sorgum sangat diperlukan.

PAIR BATAN, telah melakukan kegiatan penelitian melalui pemuliaan mutasi menggunakan radiasi sinar gamma bersumber *Cobalt-60* terhadap benih varietas Durra dari ICRISAT, India telah diperoleh beberapa varietas sorgum yang memiliki kualitas unsur-unsur nutrisi lebih baik. Hal ini didukung oleh Pusat Penelitian Kimia Pangan, LIPI, (2010)

melaporkan bahwa sorgum hasil penelitian Batan memiliki kandungan unsur-unsur nutrisi lebih baik dibandingkan tanaman asalnya dapat dilihat pada Tabel 2. Dengan kata lain bahwa perlakuan radiasi gamma dapat memperbaiki komposisi unsur-unsur nutrisi sorgum.

Tabel 1. Kandungan nutrisi dari beberapa tanaman pangan.

Unsur Nutrisi	Kandungan/100 g				
	Beras	Sorgum	Singkong	Jagung	Kedelai
Kalori (cal)	360.00	332.00	146.00	361.00	286.00
Protein (g)	6.80	11.00	1.20	8.70	30.20
Lemak (g)	0.70	3.30	0.30	4.50	15.60
Karbohidrat (g)	78.90	73.00	34.70	72.40	30.10
Kalsium (mg)	6.00	28.00	33.00	9.00	196.00
Besi (mg)	0.80	4.40	0.70	4.60	6.90
Posfor (mg)	140.00	287.00	40.00	380.00	506.00
Vit. B1 (mg)	0.12	0.38	0.06	0.27	0.93

Sumber: Direktorat Gizi, DEPKES RI (1992).

Secara umum, karena rendahnya sumber ragam genetik yang ada, serta kurangnya informasi tentang budidaya dan manfaat sorgum. Maka upaya yang dapat dilakukan adalah meningkatkan keragaman genetik dan memberikan informasi serta menyebarluaskan kepada masyarakat tentang prospek kegunaan sorgum. Upaya ini perlu banyak dukungan dan melibatkan dinas-dinas terkait seperti Dinas Pertanian, Perguruan Tinggi, Lembaga Litbang dan Perusahaan Swasta.

Tabel 2. Kandungan nutrisi sorgum dari beberapa varietas Batan dibandingkan induk.

Unsur Nutrisi	Kandungan/100 g			
	Durra (Kontrol Induk)	Varietas Pahat	Varietas Samurai 1	Varietas Samurai 2
Air (%)	11.15	5.59	5.36	5.36
Protein (% b.k)	10.71	12.63	11.76	12.43
Lemak (%)	2.59	2.87	4.18	4.66
Karbohidrat (% b.k)	70.63	85.06	87.20	86.38
Abu (%)	1.48	1.01	1.18	0.98
Tanin (% polifenol)	0.02	0.02	0.01	0.01

Sumber : Hasil analisa, Pusat Penelitian Kimia Pangan, LIPI (2010).

Keterangan : b.k = berat kering

Karena memiliki kandungan nutrisi yang baik, sorgum sangat layak untuk dijadikan sumber bahan pangan alternatif, di masa kini maupun masa yang akan datang. Pada umumnya sorgum untuk pangan berasal dari jenis sorgum biji putih. Menurut US Grain Council (2005) bahwa sorgum biji putih sudah mulai banyak dikembangkan dan digunakan sebagai bahan pangan di Amerika Serikat. Dilaporkan juga bahwa sorgum biji putih dapat

dijadikan sebagai “*healthy food*” karena sangat cocok dikonsumsi bagi orang-orang yang memiliki alergi terhadap *gluten*. Beragam menu makanan dapat dibuat dari sorgum biji putih mulai dari nasi sorgum, bubur sorgum, kue sorgum, wafel, sorgum instant dan sebagainya. Oleh karena itu, membuka peluang memanfaatkan sumber pangan lain selain beras (diversifikasi sumber bahan pangan). Adanya perbaikan unsur-unsur nutrisi galur mutan sorgum menjadi lebih baik, sorgum mungkin akan menjadi salah satu andalan untuk mewujudkan ketahanan pangan bangsa Indonesia di masa depan.

#### B. Sorgum bahan baku energi (bioetanol)

Indonesia akan dihadapkan kondisi krisis energi, hal ini disebabkan karena sumber energi bahan fosil minyak di perut bumi akan semakin berkurang dan tidak dapat diperbarukan. Upaya yang dapat dilakukan adalah mencari sumber-sumber energi yang dapat diperbarukan, salah satu diantaranya adalah sumber energi dari tanaman. Bioenergi berasal dari tanaman diharapkan dapat menanggulangi krisis energi di masa depan yang kebutuhannya semakin meningkat. Berbagai sumber energi alternatif perlu dicari untuk dapat menggantikan atau campuran terhadap energi fosil tersebut. Sorgum adalah salah satu alternatif untuk dikembangkan karena disamping untuk pakan dan pangan, batang dan bijinya dapat dikonversi menjadi bahan bakar nabati (bioetanol), selain itu, sumber bakunya mudah diperoleh dan diproduksi secara massal serta *renewable* dan berkelanjutan (Reddy B dan William D. Dar, 2007).

Biji dan batang sorgum umumnya dapat dikonversi menjadi bioetanol (energi). Kultivar sorgum manis memenuhi persyaratan sebagai bahan baku bioetanol, karena budidaya sorgum manis memerlukan input produksi pertanian relatif lebih sedikit dibandingkan tanaman penghasil bioetanol lainnya seperti Tebu, Aren, Singkong dan lain-lain (Human S *et al*, 2003). Selain itu, batangnya juga kaya akan gula yang selanjutnya dapat diproses menjadi *jaggery* (semacam gula merah) atau didestilasi untuk menghasilkan bioetanol. Beberapa alasan yang mendukung hal ini diantaranya adalah secara botani sebagian besar bioetanol dihasilkan oleh batang, sedangkan bijinya dan batang dapat juga diproses menjadi bioetanol. Manfaat ganda seperti ini menjadikan sorgum manis sebagai tanaman yang mampu memenuhi kebutuhan pangan dan energi dalam satu dimensi ruang dan waktu (Yudiarto. M.A, 2006).

Pemanfaatan bioetanol sebagai sumber energi yang bahan bakunya berbasis sorgum, memberikan manfaat yang besar dari aspek lingkungan. Emisi gas buang dari *anhydrous*

*ethanol* lebih bersih dibandingkan emisi gas buang energi fosil, sehingga bahan bakar nabati bersifat ramah lingkungan (Sorghal-Biobase, 1997). Hal yang sama dikatakan Abatil *et al* cit. Human S (2003) bahwa *anhydrous ethanol* memiliki nilai oktan yang lebih tinggi dibandingkan bahan bakar fosil, sehingga mampu menghasilkan pembakaran yang sempurna dan mengurangi polusi udara.

Studi pemanfaatan bioetanol sorgum untuk campuran bahan bakar kendaraan bermotor juga telah dilakukan di Wallonia (Belgia). Wallonia memerlukan 16 milyar liter bahan bakar jenis E5, yaitu campuran antara 95% petrol +5% bioetanol. Sebanyak 800.000 liter etanol diperlukan untuk mencukupi kebutuhan bahan bakar E5 di Wallonia, sumbernya berasal dari sorgum manis (70 %) gula bit atau *sugar beet* (30%). Studi kelayakan tersebut dilaporkan berhasil membuktikan kemampuan campuran bioetanol sebagai bahan bakar yang efisien, mengurangi jumlah pemakaian bahan bakar fosil, dan mencegah pencemaran terhadap lingkungan (Sorghal-Biobase, 1997). Atas dasar itu, kegiatan pemuliaan mutasi, selain sorgum untuk pangan juga dilakukan kegiatan pemuliaan yang diarahkan menjadi sorgum memiliki batang manis. Diharapkan diperoleh sorgum manis yang memiliki produktivitas biomasa batang dan biji tinggi serta air nira manis cocok untuk bahan baku bioetanol (*biofuel*).

### C. Pemuliaan mutasi sorgum

Sorgum (*Sorghum bicolor*) bukan merupakan tanaman asli Indonesia maka keragaman genetik sorgum yang ada masih sangat terbatas. Beberapa varietas sorgum biji (*grain sorghum*) diintroduksi dari *International Crop Research Institute for the Semi-Arid Tropics* (ICRISAT) dan dari beberapa negara seperti India, Thailand dan China. Setelah melalui proses pengujian adaptasi dan daya hasil selama beberapa generasi kemudian varietas introduksi tersebut oleh Departemen Pertanian dilepas menjadi varietas unggul nasional. Sampai saat ini Indonesia telah memiliki beberapa varietas sorgum unggul nasional seperti UPCA, Keris, Mandau, Higari, Badik, Gadam, Sangkur, Numbu dan Kawali (Human S. *et al*, 2003).

Sorgum tergolong tanaman berpenyerbuk sendiri (*selfpollinated crop*) dan diploid ( $2x=2n=20$ ). Oleh karena itu, sistem pemuliaan tanaman sorgum kira-kira mirip dengan sistem pemuliaan tanaman padi, kedelai dan sebagainya. Keterbatasan ragam genetik sorgum, memacu kita untuk memperbaiki dan mencari sumber-sumber genetik baru. Upaya yang dapat dilakukan diantaranya melalui pemuliaan tanaman. Pemuliaan tanaman biasanya

dilakukan secara konvensional, yaitu dengan cara penyiilangan untuk mendapatkan tanaman baru, yang memiliki sifat-sifat unggul dengan mengumpulkan sifat dari kedua induknya, sedangkan pemuliaan mutasi induksi radiasi bertujuan untuk mendapatkan sifat-sifat baru dan memiliki sifat unggul, yang tidak dimiliki oleh tanaman induknya (Suryowinoto, 1990). Hal senada dilaporkan oleh Sobrizal (2008) bahwa pemuliaan tanaman mutasi induksi menggunakan radiasi gamma, merupakan cara yang efektif untuk memperkaya plasma nutfah yang sudah ada.

Tabel 3. Analisa biomassa batang galur-galur mutan sorgum dan tanaman kontrol

Nama galur/ varietas	Air gr/100 gr	Protein gr/100 gr	Lemak gr/100 gr	Energi gr/100 gr	SK gr/100 gr	Abu gr/100 gr	Ca gr/100 gr	P gr/100 gr
R. Benggala	2.17	6.27	2.47	3860	37.15	10.48	0.40	0.34
R. Taiwan	3.21	11.65	2.48	3755	34.72	13.21	0.32	0.34
G1	3.66	3.98	1.57	4092	37.63	5.70	0.13	0.04
G2	4.12	5.44	1.81	4118	36.98	6.45	0.20	0.07
G3	3.12	5.68	1.73	4136	34.19	4.77	0.18	0.06
G4	3.17	5.38	1.78	4142	34.68	5.77	0.25	0.07
G5	5.11	5.86	1.93	3994	34.39	6.99	0.19	0.06
G6	3.46	4.86	1.23	3907	40.68	9.10	0.21	0.04
G7	3.58	6.03	1.65	3953	35.67	10.66	0.27	0.07
G8	4.29	7.32	1.83	4057	35.11	8.64	0.21	0.10
Pahat (Induk)	3.16	4.45	1.60	4014	39.38	8.37	0.28	0.06
Kawali (K. Nas)	3.06	4.86	1.35	3998	40.38	9.00	0.29	0.06
Mandau (K. Nas)	3.02	4.33	1.50	3972	39.65	9.07	0.18	0.07

Catatan: Data ini hanya berlaku untuk cuplikan contoh yang dikirim



Gambar 3. Penampilan daun dan batang galur mutan sorgum generasi M<sub>3</sub>, M<sub>4</sub>





#### Gambar 4. Penampilan variasi malai galur mutan sorgum generasi M<sub>3</sub>, M<sub>4</sub>

Di PAIR-BATAN banyak melakukan kegiatan pemuliaan mutasi tanaman, telah dihasilkan dan melepas beberapa komoditi seperti; padi, kedelai, kacang hijau dan kapas. Upaya dalam perbaikan dan peningkatan keragaman genetik dan kualitas sorgum, sinar radiasi gamma bersumber Cobalt-60 diperlukan terhadap benih sorgum varietas Durra dari ICRISAT-India dan galur mutan Zh-30. Dosis optimal sinar gamma telah diperoleh berada pada kisaran 25-40 kRad atau 250-400 Gy (Gambar 1). Seleksi dilakukan menggunakan metode *Pedigree*, tanaman yang memiliki sifat-sifat agronomi unggul dimulai pada generasi M<sub>2</sub>, terfokus pada populasi tanaman dalam kisaran dosis optimal tersebut. Pemurnian dan pengujian galur-galur terseleksi dilakukan selama beberapa generasi sampai genetik tanaman mencapai tingkat *homozygot* atau tanaman homogen.

Perlakuan radiasi gamma telah diperoleh berbagai genotipe sorgum dapat dilihat pada gambar 3 dan 4 diantaranya batang tanaman menjadi lebih panjang dan besar yang juga ideal untuk pakan ternak hasil analisa galur-galur mutan sorgum oleh BALITNAK, Bogor disajikan pada Tabel 3. Batang manis diperas menghasilkan air nira sebagai bahan baku bioenergi, sedangkan bulir malai yang banyak cocok untuk pangan. Hal serupa dilakukan pada tanaman padi, dilaporkan oleh Sobrizal (2008) bahwa melalui radiasi gamma pada benih padi dapat meningkatkan keragaman genetik padi. Adanya perubahan sifat-sifat ini, sangat bermanfaat untuk memilih tanaman sesuai yang dikehendaki. Galur-galur mutan tersebut, akan dapat diteliti lebih lanjut, sehingga diharapkan sorgum dapat menjadi salah satu andalan untuk menanggulangi krisis pangan dan energi di masa mendatang.

### Kesimpulan

Aplikasi Iptek nuklir di bidang pertanian, khususnya pemuliaan mutasi induksi radiasi gamma, telah diperoleh genotipe-genotipe baru sorgum yang memiliki sifat-sifat baik diantaranya kualitas nutrisi baik ideal sebagai bahan pangan dan batang besar, panjang serta manis cocok sebagai bahan baku bioetanol (energi) dan hijauan daun dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak ruminansia.

### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kami sampaikan kepada:

1. BPSB Pusat maupun daerah yang telah membantu melakukan uji adaptasi multilokasi

sorgum.

2. BALITKABI Malang, Jawa Timur telah melakukan pengujian hama dan penyakit.
3. Pusat Kimia Pangan, LIPI Puspitek, Serpong telah melakukan pengujian dan analisa nutrisi serta bioethanol air nira sorgum.

## Daftar Pustaka

- BATAN. (2021). Hasil Teknologi Batan di Bidang Pertanian. [http://www/batan/patir/\\_pert/pert.html](http://www/batan/patir/_pert/pert.html). (Di akses tanggal, 10 Maret 2021).
- DEPKES RI., Direktorat Gizi. (1992). Daftar komposisi bahan makanan. Penerbit Bhatarajakarta. Hal. 57.
- House, L.R. (1985). A guide to sorghum breeding. International Crops Research Institute for Semi-Arid Tropics. Andhra Pradesh, India. Hal. 238.
- Human S, Parno., Sihono & Carkum. 2003. Hasil penelitian pemuliaan tanaman sorgum menggunakan teknologi nuklir. makalah dalam pertemuan sosialisai pengembangan sorgum. Direktorat Jenderal Bina Produksi Tanaman Pangan. Deptan Malang, Jawa Timur. Hal. 1- 13.
- LIPI., Pusat Penelitian Kimia. (2010). Hasil analisa nutrisi sorgum Patir-Batan. Puspitek Serpong, Tangerang. Hal 2.
- Reddy, B.V.S., & William D.D.A.R. (2007). Sweet sorghum for bioetanol. Makalah *dalam* Workshop “Peluang dan Tantangan Sorgum Manis sebagai Bahan Baku Bioetanol”. Dirjen Perkebunan, Departemen Pertanian. Jakarta. Hal. 8.
- Sobrizal. (2008). Mutasi induksi untuk mereduksi tinggi tanaman padi galur KI 237. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop Radiasi-BATAN*. 4 (2): 99-108.
- Sorghal-Biobase. (1997). Agronomic aspects of Sweet Sorghum and its utilization as biofuels in Wallonia (Belgium). European Energy Crops InterNetwork (Doc. B10092). Hal. 155.
- Suryowinoto, M. (1990). Tenaga atom pemanfaatanya dalam biologi dan pertanian. Kanisius. Jakarta. Hal. 151.
- Trikusumaningtyias & Suwarto. (2006) Potensi pengembangan sorgum di lahan marginal. Makalah dalam Fokus Grup Diskusi “Prospek Sorgum untuk Mendukung Ketahanan Pangan dan Energi”. MENRISTEK-BATAN. Serpong, Hal 14- 26.
- U.S. Grain Council. (2005). White sorghum, the new food grain. All About White Sorghum Hal. 238.
- Yudiarto, M.A. (2006). Pemanfaatan sorgum sebagai bahan baku bioetanol. Makalah *dalam* Fokus Grup Diskusi “Prospek Sorgum untuk Mendukung Ketahanan Pangan dan Energi”. MENRISTEK-BATAN. Serpong. Hal. 32-45.